

BAB IV

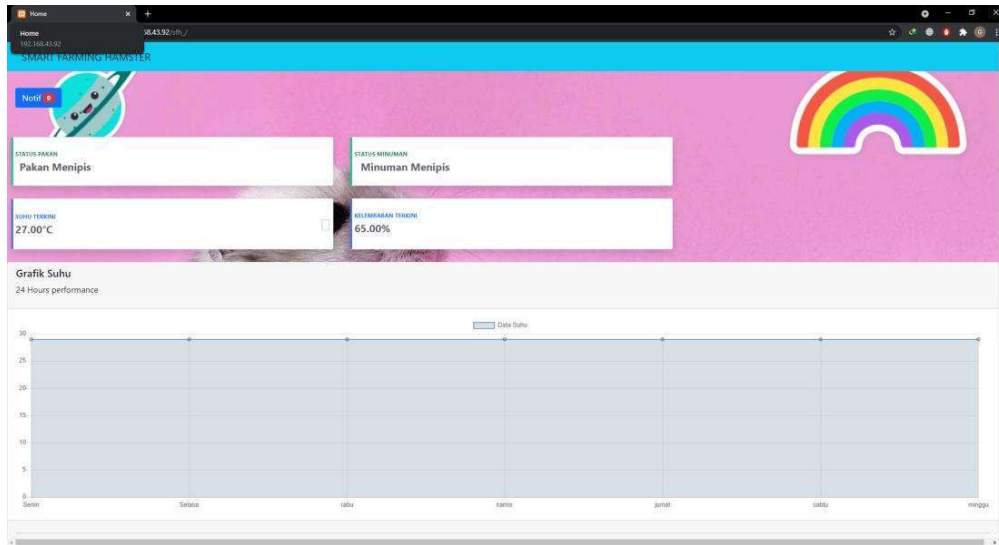
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah proses dimana sistem mulai diimplementasikan untuk dijadikan sebuah aplikasi. Pada pengujian dijelaskan hasil dari sistem monitoring kandang hamster. Setelah itu hasil uji coba akan dilakukan analisis untuk mencapai tujuan telah dipaparkan.

4.1.1 Tampilan Website

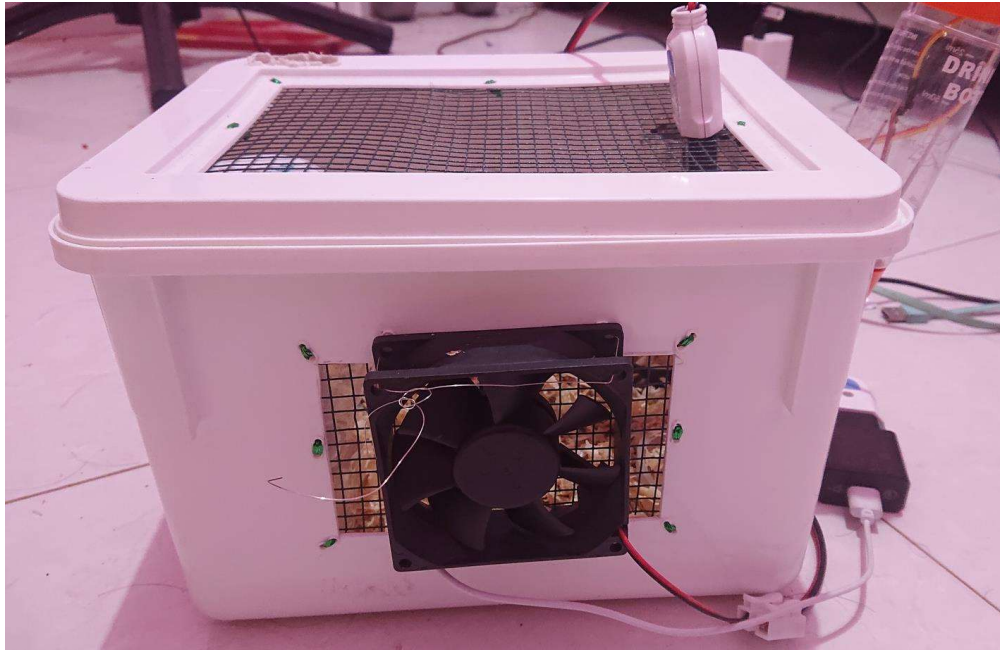
Pada halaman website akan ditampilkan data – data yang telah didapat dari arduino yang kemudian data tersebut ditampilkan dihalaman website. Untuk data dari sensor ultrasonik, sensor *water level* yang didapat akan diproses terlebih dahulu kemudian baru ditampilkan ke *website*



Gambar 4.1 Tampilan Website

4.1.2 Rancang Bangun Prototipe

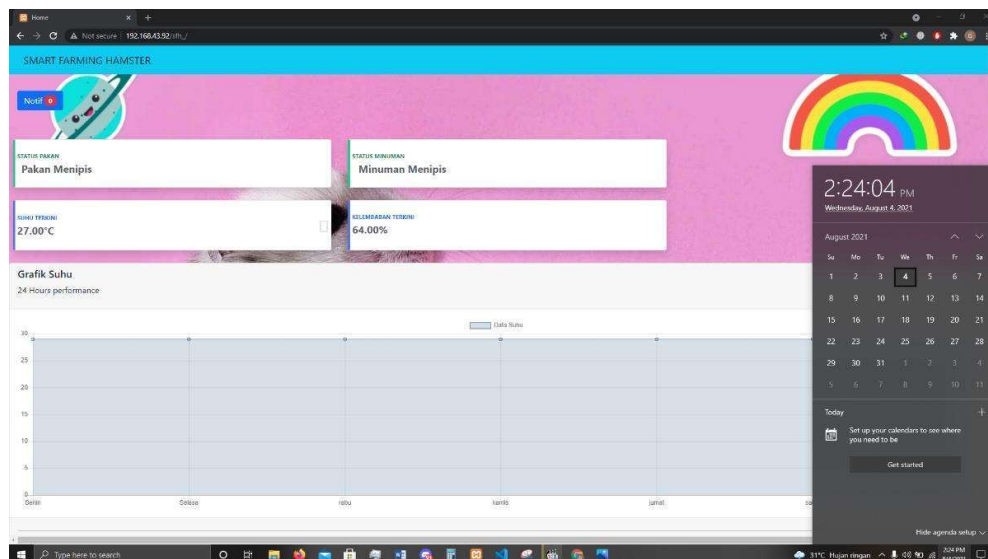
Pada bagian ini adalah tampilan dari rancang bangun prototipe dari rancangan sistem *Smart Farming* Hamster yang ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut:



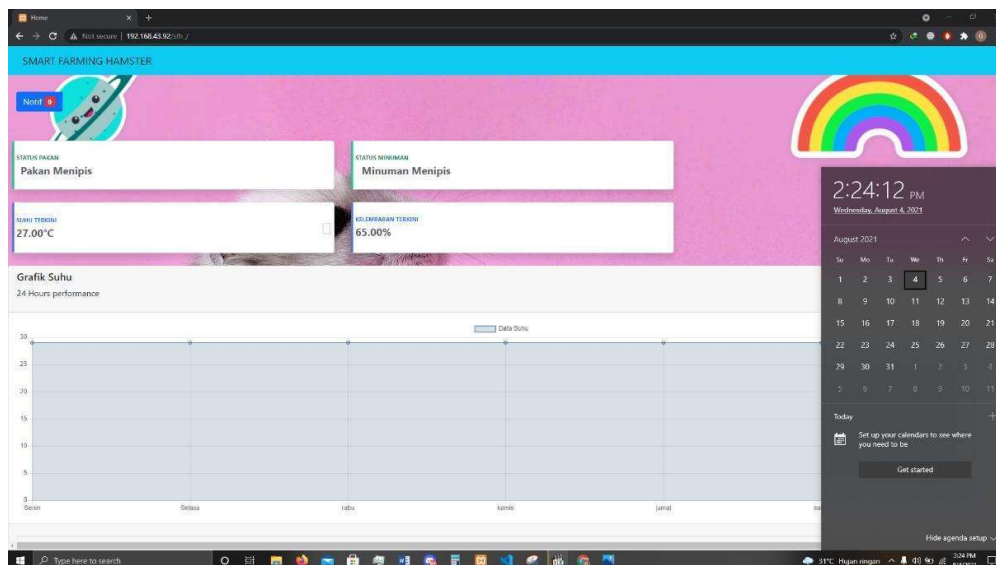
Gambar 4.2 Tampilan Prototipe Smart Farming Hamster

4.2 Pengujian NodeMCU

Adapula proses pengujian *NodeMCU* yang merupakan modul *wifi* yang digunakan menghubungkan alat ke jaringan *wifi* yang ada disekitar. Berikut hasil dari pengujian data *NodeMCU* :



Gambar 4.3 Tampilan Pengujian NodeMCU sebelum



Gambar 4.4 Tampilan Pengujian NodeMCU sesudah

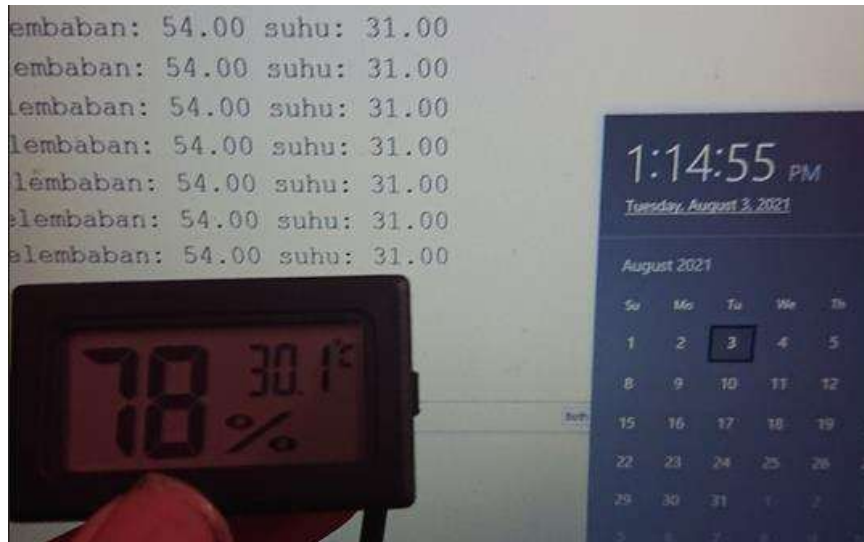
Tabel 4.1 Pengujian *NodeMCU*

No	Waktu		Delay (Detik)
	Data dikirim	Data Tampil di Web	
1	13:57:55	13:58:03	8
2	14:02:28	14:02:36	8
3	14:07:12	14:07:21	9
4	14:09:41	14:09:51	10
5	14:24:04	14:24:12	8

Adapun data yang didapat setelah melakukan 5 kali percobaan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 Pengujian *NodeMcu* yang menunjukkan *delay* antara data yang dikirim oleh *arduino* dengan data yang ditampilkan pada *web* berbeda dengan selisih waktu terlama 12 detik dan tercepat 8 detik. Dengan 5 kali percobaan didapatkan rata – rata data terupdate pada *website* tiap 9.4 detik.

4.3 Pengujian DHT11

Adapula proses pengujian *DHT11* yang merupakan sensor suhu dan kelembaban yang digunakan kondisi ruangan kandang hamster yang ada. Berikut hasil dari pengujian data *DHT11* :



Gambar 4.4 Tampilan Pengujian DHT11 suhu

Tabel 4.2 Pengujian *DHT11* suhu

No	Waktu	Suhu		Error	Akurat
		Sensor	Termometer		
1	13:14:55	31.0	30.1	2.99%	97.01%
2	16:07:52	32.0	28.8	3.85%	96.15%
3	17:33:32	29.0	28.1	3.20%	96.80%
4	22:40:34	29.0	28.0	3.57%	96.43%
5	07:02:54	27.0	27.6	2.17%	97.83%

Adapun data yang telah didapat seperti pada tabel 4.2 Pengujian *DHT11* yang mengujikan suhu. Setelah dilakukan 5 kali percobaan didapatkan nilai minimum suhu pada sensor adalah 27.0 *Celcius* dan nilai maximumnya 32.0 *Celcius* sedangkan untuk termometer ruangan didapatkan suhu minimum 27.6 *Celcius* dan nilai maximum 30.1 *Celcius*. Dari nilai tersebut didapatkan tingkat akurasi sensor *dht* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 Pengujian *DHT11* dengan tingkat akurat tertinggi 97.83% dan terendah 96.15%. Setelah dilakukan percobaan didapatkan nilai rata – rata akurasi dari sensor *dht11* yaitu 96.84%



Gambar 4.5 Tampilan Pengujian DHT11 kelembaban

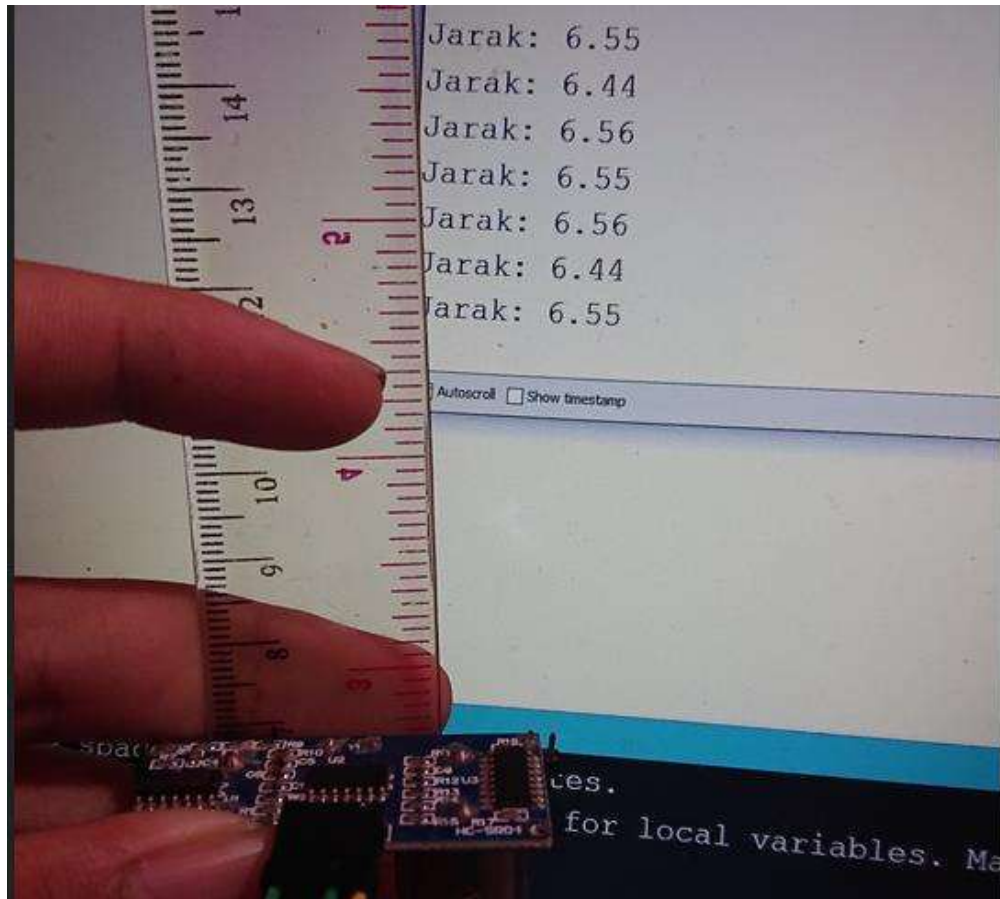
Tabel 4.3 Pengujian Sensor *DHT11* Kelembaban

No	Waktu	Kelembaban		Error	Akurat
		Sensor	Termo Hygro		
1	13:17:10	54%	77%	29.87%	70.13%
2	16:11:42	56%	81%	30.86%	69.14%
3	17:35:27	53%	68%	22.05%	77.95%
4	22:42:02	62%	72%	13.8%	86.2%
5	07:05:26	73%	84%	13.09%	86.91%

Adapun data yang telah didapat seperti pada tabel 4.3 Pengujian *DHT11* yang mengujikan kelembaban. Setelah dilakukan 5 kali percobaan didapatkan nilai minimum kelembaban pada sensor adalah 54% dan nilai maximumnya 73% sedangkan untuk *Termo Hygro* ruangan didapatkan kelembaban minimum 68% dan nilai maximum 84%. Dari nilai tersebut didapatkan tingkat akurasi sensor *dht* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 Pengujian *DHT11* dengan nilai akurat tertinggi 86.91% dan nilai akurat terendah 69.14% yang kemudian didapat nilai rata – rata akurat sensor *dht11* kelembaban yaitu 78.06%

4.4 Pengujian Sensor Ultrasonik

Adapula proses pengujian sensor ultrasonik yang merupakan sensor jarak yang digunakan untuk mengukur jarak sensor dengan pakan sebagai kondisi pemberitahu status pakan hamster. Berikut hasil dari pengujian data Ultrasonik :



Gambar 4.6 Tampilan Pengujian ultrasonik

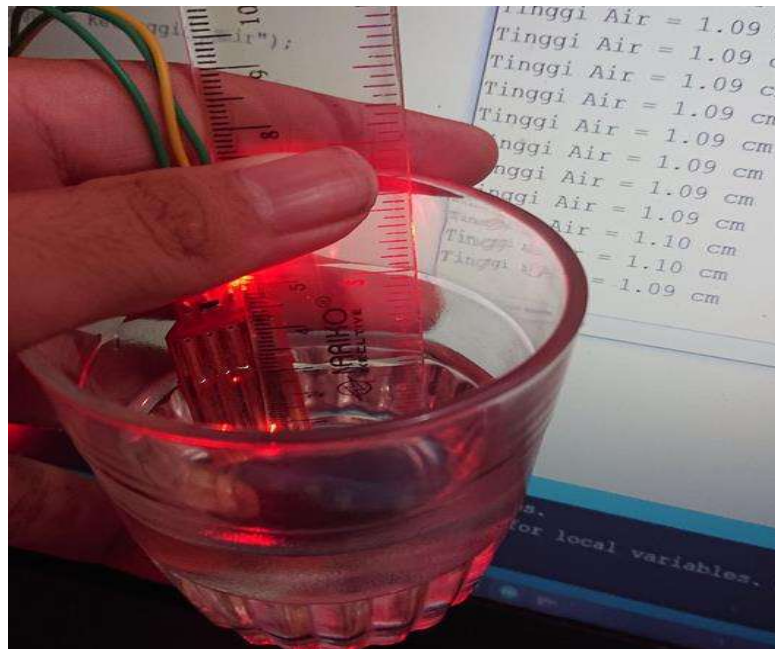
Tabel 4.4 Pengujian ultrasonik

No	Percobaan	Ultrasonik		Error	Akurat
		Sensor	Penggaris		
1	1	6.55	6.9	5.07%	94.93%
2	2	9.54	10.1	9.30%	90.70%
3	3	8.84	9.7	8.86%	91.14%
4	4	4.78	5.2	8.07%	91.93%
5	5	5.37	5.8	7.41%	92.59%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan 5 kali percobaan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 Pengujian ultrasonik. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai akurat sensor ultrasonik yang tertinggi adalah 94.93% dan persentasi akurat yang paling rendah pada sensor ultrasonik adalah 90.70%.

4.5 Pengujian Sensor Water Level

Adapula proses pengujian sensor *water level* yang merupakan sensor jarak yang digunakan untuk mengukur ketinggian air pada sensor dengan pakan sebagai kondisi pemberitahu status air minum hamster. Berikut hasil dari pengujian data *Water Level* :



Gambar 4.7 Tampilan Pengujian Water Level

Tabel 4.5 Pengujian *water level*

No	Percobaan	Sensor <i>Water Level</i>		Error	Akurat
		Sensor	Penggaris		
1	1	1.13	3.1	63.54%	36.46%
2	2	0.80	1.4	42.85%	57.15%
3	3	1.20	3.2	62.5%	37.5%
4	4	1.46	4.4	66.81%	33.19%
5	5	0.44	1.3	66.15%	33.85%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan 5 kali percobaan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 Pengujian *water level*. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai rata – rata akurat sensor *water level* adalah 39.43%. Persentasi akurat maximum sensor *water level* adalah 57.15% dan persentasi akurat minimum sensor *water level* adalah 33.19%.

4.6 Pengujian Fuzzy

Hasil perhitungan manual

Tabel 4.6 Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

Perhitungan 1 : bila suhu 29 dan kelembaban 67	
29°C = suhu_normal dan suhu panas, maka	
suhu <i>panas</i> = $\frac{30-29}{30-28} = \frac{1}{2} = 0.5$, suhu <i>sangat panas</i> = $\frac{29-28}{30-28} = \frac{1}{2} = 0.5$	
68% = kelembaban normal, maka	
lembab <i>normal</i> = 1	
Rules =	
R1 = Min (s_dingin \cap s_kering)	R14 = Min (normal_sh \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R2 = Min (s_dingin \cap kering)	R15 = Min (normal_sh \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R3 = Min (s_dingin \cap normal_h)	R16 = Min (panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (0.5 \cap 0) = 0
R4 = Min (s_dingin \cap lembab)	R17 = Min (panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0.5 \cap 0) = 0
R5 = Min (s_dingin \cap s_lembab)	R18 = Min (panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0.5 \cap 1) = 0.5
R6 = Min (dingin \cap s_kering)	R19 = Min (panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0.5 \cap 0) = 0
R7 = Min (dingin \cap kering)	R20 = Min (panas \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0.5 \cap 0) = 0
R8 = Min (dingin \cap normal_h)	R21 = Min (s_panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (0.5 \cap 0) = 0
R9 = Min (dingin \cap lembab)	R22 = Min (s_panas \cap kering)

$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$	$= \text{Min} (0.5 \cap 0) = 0$
$R10 = \text{Min} (\text{dingin} \cap s_lembab)$	$R23 = \text{Min} (s_panas \cap \text{normal_h})$
$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$	$= \text{Min} (0.5 \cap 1) = 0.5$
$R11 = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap s_kering)$	$R24 = \text{Min} (s_panas \cap \text{lembab})$
$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$	$= \text{Min} (0.5 \cap 0) = 0$
$R12 = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap \text{kering})$	$R25 = \text{Min} (s_panas \cap s_lembab)$
$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$	$= \text{Min} (0.5 \cap 0) = 0$
$R13 = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap \text{normal_h})$	
$= \text{Min} (0 \cap 1) = 0$	
$R_{\text{total}} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.5$	
$+ 0 + 0 + 0 + 0.5 + 0 + 0 = 1$	
Output Ionizer :	
$X1 = 0 = \frac{x1-60}{70-60} = \frac{x1-60}{10}$	$X14 = 0 = \frac{40-x14}{40-30} = \frac{40-x14}{10}$
$= 0 = x1 - 60$	$= 0 = 40 - x14$
$= x1 = 60 + 0 = 60$	$= x14 = 40 - 0 = 40$
$X2 = 0 = \frac{x2-40}{40-30} = \frac{x2-40}{10}$	$X15 = 0 = \frac{40-x15}{40-30} = \frac{x15-40}{10}$
$= 0 = x2 - 40$	$= 0 = 40 - x15$
$= x2 = 40 + 0 = 40$	$= x15 = 40 - 0 = 40$
$X3 = 0 = \frac{40-x3}{40-30} = \frac{40-x3}{10}$	$X16 = 0 = \frac{x16-60}{70-60} = \frac{x16-60}{10}$
$= 0 = 40 - x3$	$= 0 = x16 - 60$
$= x3 = 40 - 0 = 40$	$= x16 = 60 + 0 = 0$
$X4 = 0 = \frac{40-x4}{40-30} = \frac{40-x4}{10}$	$X17 = 0 = \frac{x17-40}{40-30} = \frac{x17-40}{10}$
$= 0 = 40 - x4$	$= 0 = x17 - 40$
$= x4 = 40 - 0 = 40$	$= x17 = 40 + 0 = 40$
$X5 = 0 = \frac{40-x5}{40-30} = \frac{40-x5}{10}$	$X18 = 0.5 = \frac{40-x18}{40-30} = \frac{40-x18}{10}$
$= 0 = 40 - x5$	$= 5 = 40 - x18$
$= x5 = 40 - 0 = 40$	$= x18 = 40 - 5 = 35$
$X6 = 0 = \frac{x6-60}{70-60} = \frac{x6-60}{10}$	$X19 = 0 = \frac{40-x19}{40-30} = \frac{40-x19}{10}$
$= 0 = x6 - 60$	$= 0 = 40 - x19$
$= x2 = 60 + 0 = 60$	$= x19 = 40 - 0 = 40$

$$X7 = 0 = \frac{x7-40}{40-30} = \frac{x7-40}{10}$$

$$= 0 = x7 - 40$$

$$= x7 = 40 + 0 = 40$$

$$X8 = 0 = \frac{40-x8}{40-30} = \frac{40-x8}{10}$$

$$= 0 = 40 - x8$$

$$= x8 = 40 - 0 = 40$$

$$X9 = 0 = \frac{40-x9}{40-30} = \frac{40-x9}{10}$$

$$= 0 = 40 - x9$$

$$= x9 = 40 - 0 = 40$$

$$X10 = 0 = \frac{40-x10}{40-30} = \frac{40-x10}{10}$$

$$= 0 = 40 - x10$$

$$= x10 = 40 - x10 = 40$$

$$X11 = 0 = \frac{x11-60}{70-60} = \frac{60-x11}{10}$$

$$= 0 = x11 - 60$$

$$= x11 = 60 + 0 = 60$$

$$X12 = 0 = \frac{x12-40}{40-30} = \frac{x12-40}{10}$$

$$= 0 = x12 - 40$$

$$= x12 = 40 + 0 = 40$$

$$X13 = 0 = \frac{40-x13}{40-30} = \frac{40-x13}{10}$$

$$= 0 = 40 - x13$$

$$= x13 = 40 - 0 = 40$$

$$X20 = 0 = \frac{40-x20}{40-30} = \frac{40-x20}{10}$$

$$= 0 = 40 - x20$$

$$= x20 = 40 - 0 = 40$$

$$X21 = 0 = \frac{x21-60}{70-60} = \frac{x21-60}{10}$$

$$= 0 = x21 - 60$$

$$= x21 = 60 + 0 = 60$$

$$X22 = 0 = \frac{x22-40}{40-30} = \frac{x22-40}{10}$$

$$= 0 = x22 - 40$$

$$= x22 = 40 + 0 = 40$$

$$X23 = 0.5 = \frac{40-x23}{40-30} = \frac{40-x23}{10}$$

$$= 0.5 = 40 - x23$$

$$= x23 = 40 - 5 = 35$$

$$X24 = 0 = \frac{40-x24}{40-30} = \frac{40-x24}{10}$$

$$= 0 = 40 - x24$$

$$= x24 = 40 - 0 = 40$$

$$X25 = 0 = \frac{40-x25}{40-30} = \frac{40-x25}{10}$$

$$= 0 = 40 - x25$$

$$= x25 = 40 - 0 = 40$$

$$\begin{aligned} X_{total} = & (R1 * X1) + (R2 * X2) + (R3 * X3) + (R4 * X4) + (R5 * X5) + (R6 * X6) \\ & + (R7 * X7) + (R8 * X8) + (R9 * X9) + (R10 * X10) + (R11 * X11) + (R12 * \\ & X12) + (R13 * X13) + (R14 * X14) + (R15 * X15) + (R16 * X16) + (R17 * X17) \\ & + (R18 * X18) + (R19 * X19) + (R20 * X20) + (R21 * X21) + (R22 * X22) + \\ & (R23 * X23) + (R24 * X24) + (R25 * X25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{total} = & (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + \\ & (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\ & 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0.5 * 35) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) \\ & + (0.5 * 35) + (0 * 40) + (0 * 40) \end{aligned}$$

$$x_{total} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 17.5 + 0 + 0 + 0 + 0 + 17.5 + 0 + 0 = 35$$

Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average

$$\frac{x_{total}}{R_{total}} = \frac{35}{1} = 35$$

Output Heater :

$$Y1 = 0 = \frac{Y1 - 60}{70 - 60} = \frac{Y1 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y1 - 60$$

$$= Y1 = 60 + 0 = 60$$

$$Y2 = 0 = \frac{Y2 - 60}{70 - 60} = \frac{Y2 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y2 - 60$$

$$= Y2 = 60 + 0 = 60$$

$$Y3 = 0 = \frac{Y3 - 60}{70 - 60} = \frac{Y3 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y3 - 60$$

$$= Y3 = 60 + 0 = 60$$

$$Y4 = 0 = \frac{Y4 - 60}{70 - 60} = \frac{Y4 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y4 - 60$$

$$= Y4 = 60 + 0 = 60$$

$$Y5 = 0 = \frac{Y5 - 60}{70 - 60} = \frac{Y5 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y5 - 60$$

$$= Y5 = 60 + 0 = 60$$

$$Y6 = 0 = \frac{Y6 - 40}{40 - 30} = \frac{Y6 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y6 - 40$$

$$= Y6 = 40 + 0 = 40$$

$$Y7 = 0 = \frac{Y7 - 40}{40 - 30} = \frac{Y7 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y7 - 40$$

$$= Y7 = 40 + 0 = 40$$

$$Y8 = 0 = \frac{Y8 - 40}{40 - 30} = \frac{Y8 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y8 - 40$$

$$Y14 = 0 = \frac{40 - Y14}{40 - 30} = \frac{40 - Y14}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y14$$

$$= Y14 = 40 - 0 = 40$$

$$Y15 = 0 = \frac{40 - Y15}{40 - 30} = \frac{Y15 - 40}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y15$$

$$= Y15 = 40 - 0 = 40$$

$$Y16 = 0 = \frac{40 - Y16}{40 - 30} = \frac{40 - Y16}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y16$$

$$= Y16 = 40 - 0 = 0$$

$$Y17 = 0 = \frac{40 - Y17}{40 - 30} = \frac{40 - Y17}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y17$$

$$= Y17 = 40 - 0 = 40$$

$$Y18 = 0.5 = \frac{40 - Y18}{40 - 30} = \frac{40 - Y18}{10}$$

$$= 5 = 40 - Y18$$

$$= Y18 = 40 - 5 = 35$$

$$Y19 = 0 = \frac{Y19 - 60}{70 - 60} = \frac{Y19 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y19 - 60$$

$$= Y19 = 60 + 0 = 60$$

$$Y20 = 0 = \frac{Y20 - 40}{40 - 30} = \frac{Y20 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y20 - 40$$

$$= Y20 = 40 + 0 = 40$$

$$Y21 = 0 = \frac{40 - Y21}{40 - 30} = \frac{40 - Y21}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y21$$

$$\begin{aligned}
&= Y8 = 40 + 0 = 40 & &= Y21 = 40 - 0 = 40 \\
Y9 = 0 &= \frac{Y9-40}{40-30} = \frac{Y9-40}{10} & &Y22 = 0 = \frac{40-Y22}{40-30} = \frac{40-Y22}{10} \\
&= 0 = Y9 - 40 & &= 0 = 40 - Y22 \\
&= Y9 = 40 + 0 = 40 & &= Y22 = 40 - 0 = 40 \\
Y10 = 0 &= \frac{Y10-40}{40-30} = \frac{Y10-40}{10} & &Y23 = 0.5 = \frac{40-Y23}{40-30} = \frac{40-Y23}{10} \\
&= 0 = Y10 - 40 & &= 0.5 = 40 - Y23 \\
&= Y10 = 40 + 0 = 40 & &= Y23 = 40 - 5 = 35 \\
Y11 = 0 &= \frac{40-Y11}{40-30} = \frac{40-Y11}{10} & &Y24 = 0 = \frac{40-Y24}{40-30} = \frac{40-Y24}{10} \\
&= 0 = 40 - Y11 & &= 0 = 40 - Y24 \\
&= Y11 = 40 - 0 = 40 & &= Y24 = 40 - 0 = 40 \\
Y12 = 0 &= \frac{Y12-40}{40-30} = \frac{Y12-40}{10} & &Y25 = 0 = \frac{40-Y25}{40-30} = \frac{40-Y25}{10} \\
&= 0 = 40 - Y12 & &= 0 = 40 - Y25 \\
&= Y12 = 40 - 0 = 40 & &= Y25 = 40 - 0 = 40 \\
Y13 = 0 &= \frac{40-Y13}{40-30} = \frac{40-Y13}{10} \\
&= 0 = 40 - Y13 \\
&= Y13 = 40 - 0 = 40 \\
Y_{total} &= (R1 * Y1) + (R2 * Y2) + (R3 * Y3) + (R4 * Y4) + (R5 * Y5) + (R6 * Y6) \\
&+ (R7 * Y7) + (R8 * Y8) + (R9 * Y9) + (R10 * Y10) + (R11 * Y11) + (R12 * Y12) \\
&+ (R13 * Y13) + (R14 * Y14) + (R15 * Y15) + (R16 * Y16) + (R17 * Y17) \\
&+ (R18 * Y18) + (R19 * Y19) + (R20 * Y20) + (R21 * Y21) + (R22 * Y22) + \\
&(R23 * Y23) + (R24 * Y24) + (R25 * Y25) \\
Y_{total} &= (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
&(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\
&40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (1 * 30) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
&(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) \\
Y_{total} &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 17.5 + \\
&0 + 0 + 0 + 0 + 17.5 + 0 + 0 = 35 \\
\text{Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average} \\
\frac{Y_{total}}{R_{total}} &= \frac{35}{1} = 35
\end{aligned}$$

Output Kipas :

$$Z1 = 0 = \frac{40-Z1}{40-30} = \frac{40-Z1}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z1$$

$$= Z1 = 40 - 0 = 40$$

$$Z2 = 0 = \frac{40-Z2}{40-30} = \frac{40-Z2}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z2$$

$$= Z2 = 40 - 0 = 40$$

$$Z3 = 0 = \frac{40-Z3}{40-30} = \frac{40-Z3}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z3$$

$$= Z3 = 40 - 0 = 40$$

$$Z4 = 0 = \frac{40-Z4}{40-30} = \frac{40-Z4}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z4$$

$$= Z4 = 40 - 0 = 40$$

$$Z5 = 0 = \frac{40-Z5}{40-30} = \frac{40-Z5}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z5$$

$$= Z5 = 40 - 0 = 40$$

$$Z6 = 0 = \frac{40-Z6}{40-30} = \frac{40-Z6}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z6$$

$$= Z6 = 40 - 0 = 40$$

$$Z7 = 0 = \frac{40-Z7}{40-30} = \frac{40-Z7}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z7$$

$$= Z7 = 40 - 0 = 40$$

$$Z8 = 0 = \frac{40-Z8}{40-30} = \frac{40-Z8}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z8$$

$$= Z8 = 40 - 0 = 40$$

$$Z9 = 0 = \frac{40-Z9}{40-30} = \frac{40-Z9}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z9$$

$$= Z9 = 40 - 0 = 40$$

$$Z14 = 0 = \frac{40-Z14}{40-30} = \frac{40-Z14}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z14$$

$$= Z14 = 40 - 0 = 40$$

$$Z15 = 0 = \frac{40-Z15}{40-30} = \frac{Z15-40}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z15$$

$$= Z15 = 40 - 0 = 40$$

$$Z16 = 0 = \frac{Z16-40}{40-30} = \frac{Z16-40}{10}$$

$$= 0 = Z16 - 40$$

$$= Z16 = 40 + 0 = 0$$

$$Z17 = 0 = \frac{Z17-40}{40-30} = \frac{Z17-40}{10}$$

$$= 0 = Z17 - 40$$

$$= Z17 = 40 + 0 = 40$$

$$Z18 = 0.5 = \frac{Z18-40}{40-30} = \frac{Z18-40}{10}$$

$$= 5 = Z18 - 40$$

$$= Z18 = 40 + 5 = 45$$

$$Z19 = 0 = \frac{Z19-40}{40-30} = \frac{Z19-40}{10}$$

$$= 0 = Z19 - 40$$

$$= Z19 = 40 + 0 = 40$$

$$Z20 = 0 = \frac{Z20-40}{40-30} = \frac{Z20-40}{10}$$

$$= 0 = Z20 - 40$$

$$= Z20 = 40 + 0 = 40$$

$$Z21 = 0 = \frac{Z21-60}{70-60} = \frac{Z21-60}{10}$$

$$= 0 = Z21 - 60$$

$$= Z21 = 60 + 0 = 60$$

$$Z22 = 0 = \frac{Z22-60}{70-60} = \frac{Z22-60}{10}$$

$$= 0 = Z22 - 60$$

$$= Z22 = 60 + 0 = 60$$

$$\begin{aligned}
Z_{10} &= 0 = \frac{40-Z_{10}}{40-30} = \frac{40-Z_{10}}{10} & Z_{23} &= 0.5 = \frac{Z_{23}-60}{70-60} = \frac{Z_{23}-60}{10} \\
&= 0 = 40 - Z_{10} & &= 5 = Z_{23} - 60 \\
&= Z_{10} = 40 - 0 = 40 & &= Z_{23} = 60 + 5 = 65 \\
Z_{11} &= 0 = \frac{40-Z_{11}}{40-30} = \frac{40-Z_{11}}{10} & Z_{24} &= 0 = \frac{Z_{24}-60}{70-60} = \frac{Z_{24}-60}{10} \\
&= 0 = 40 - Z_{11} & &= 0 = Z_{24} - 60 \\
&= Z_{11} = 40 - 0 = 40 & &= Z_{24} = 60 + 0 = 60 \\
Z_{12} &= 0 = \frac{Z_{12}-40}{40-30} = \frac{Z_{12}-40}{10} & Z_{25} &= 0 = \frac{Z_{25}-60}{70-60} = \frac{Z_{25}-60}{10} \\
&= 0 = 40 - Z_{12} & &= 0 = Z_{25} - 60 \\
&= Z_{12} = 40 - 0 = 40 & &= Z_{25} = 60 + 0 = 60 \\
Z_{13} &= 0 = \frac{40-Z_{13}}{40-30} = \frac{40-Z_{13}}{10} \\
&= 0 = 40 - Z_{13} \\
&= Z_{13} = 40 - 0 = 40 \\
Z_{\text{total}} &= (R_1 * Z_1) + (R_2 * Z_2) + (R_3 * Z_3) + (R_4 * Z_4) + (R_5 * Z_5) + (R_6 * Z_6) \\
&+ (R_7 * Z_7) + (R_8 * Z_8) + (R_9 * Z_9) + (R_{10} * Z_{10}) + (R_{11} * Z_{11}) + (R_{12} * Z_{12}) \\
&+ (R_{13} * Z_{13}) + (R_{14} * Z_{14}) + (R_{15} * Z_{15}) + (R_{16} * Z_{16}) + (R_{17} * Z_{17}) + (R_{18} \\
&* Z_{18}) + (R_{19} * Z_{19}) + (R_{20} * Z_{20}) + (R_{21} * Z_{21}) + (R_{22} * Z_{22}) + (R_{23} * Z_{23}) \\
&+ (R_{24} * Z_{24}) + (R_{25} * Z_{25}) \\
Z_{\text{total}} &= (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
&(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\
&40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0.5 * 45) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 60) \\
&+ (0.5 * 65) + (0 * 60) + (0 * 60) \\
Z_{\text{total}} &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 22.5 + \\
&0 + 0 + 0 + 0 + 32.5 + 0 + 0 = 55 \\
\text{Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average} \\
\frac{Z_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} &= \frac{55}{1} = 55
\end{aligned}$$



Gambar 4.8 Tampilan Perhitungan pada Arduino

Tabel 4.7 Tabel *Error* Perhitungan *Fuzzy*

	Nilai Manual	Nilai Arduino	Error	Akurant
Ionizer	35	35	0%	100%
Heater	35	35	0%	100%
Kipas	55	55	0%	100%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan perbandingan dari perhitungan *fuzzy tsukamoto* secara manual dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy tsukamoto* yang ada pada sistem *arduino* yaitu untuk *ionizer* didapatkan nilai 35 sedangkan pada *arduino* didapataka nilai 35 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto ionizer* yaitu 100%. untuk *heater* didapatkan nilai 35 sedangkan pada *arduino* didapataka nilai 35 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto heater* yaitu 100%. untuk kipas didapatkan nilai 55 sedangkan pada *arduino* didapataka nilai 55 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto kipas* yaitu 100%.

4.7 Pengujian Fuzzy Output Ionizer

Hasil perhitungan manual pada percobaan ke 2

Tabel 4.8 Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

Perhitungan 1 : bila suhu 25 dan kelembaban 55	
25°C = suhu panas, maka	
suhu <i>panas</i> = 1	
55% = kelembaban normal / suhu lembab, maka	
lembab <i>normal</i> = 1	
Rules =	
R1 = Min (s_dingin \cap s_kering)	R14 = Min (normal_sh \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R2 = Min (s_dingin \cap kering)	R15 = Min (normal_sh \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R3 = Min (s_dingin \cap normal_h)	R16 = Min (panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R4 = Min (s_dingin \cap lembab)	R17 = Min (panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R5 = Min (s_dingin \cap s_lembab)	R18 = Min (panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 1) = 1
R6 = Min (dingin \cap s_kering)	R19 = Min (panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R7 = Min (dingin \cap kering)	R20 = Min (panas \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R8 = Min (dingin \cap normal_h)	R21 = Min (s_panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R9 = Min (dingin \cap lembab)	R22 = Min (s_panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R10 = Min (dingin \cap s_lembab)	R23 = Min (s_panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 1) = 0
R11 = Min (normal_sh \cap s_kering)	R24 = Min (s_panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R12 = Min (normal_sh \cap kering)	R25 = Min (s_panas \cap s_lembab)

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$R13 = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap \text{normal_h})$$

$$= \text{Min} (0 \cap 1) = 0$$

$$R_{\text{total}} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$$

Output Ionizer :

$$X1 = 0 = \frac{x1-60}{70-60} = \frac{x1-60}{10}$$

$$= 0 = x1 - 60$$

$$= x1 = 60 + 0 = 60$$

$$X2 = 0 = \frac{x2-40}{40-30} = \frac{x2-40}{10}$$

$$= 0 = x2 - 40$$

$$= x2 = 40 + 0 = 40$$

$$X3 = 0 = \frac{40-x3}{40-30} = \frac{40-x3}{10}$$

$$= 0 = 40 - x3$$

$$= x3 = 40 - 0 = 40$$

$$X4 = 0 = \frac{40-x4}{40-30} = \frac{40-x4}{10}$$

$$= 0 = 40 - x4$$

$$= x4 = 40 - 0 = 40$$

$$X5 = 0 = \frac{40-x5}{40-30} = \frac{40-x5}{10}$$

$$= 0 = 40 - x5$$

$$= x5 = 40 - 0 = 40$$

$$X6 = 0 = \frac{x6-60}{70-60} = \frac{x6-60}{10}$$

$$= 0 = x6 - 60$$

$$= x6 = 60 + 0 = 60$$

$$X7 = 0 = \frac{x7-40}{40-30} = \frac{x7-40}{10}$$

$$= 0 = x7 - 40$$

$$= x7 = 40 + 0 = 40$$

$$X8 = 0 = \frac{40-x8}{40-30} = \frac{40-x8}{10}$$

$$= 0 = 40 - x8$$

$$X14 = 0 = \frac{40-x14}{40-30} = \frac{40-x14}{10}$$

$$= 0 = 40 - x14$$

$$= x14 = 40 - 0 = 40$$

$$X15 = 0 = \frac{40-x15}{40-30} = \frac{x15-40}{10}$$

$$= 0 = 40 - x15$$

$$= x15 = 40 - 0 = 40$$

$$X16 = 0 = \frac{x16-60}{70-60} = \frac{x16-60}{10}$$

$$= 0 = x16 - 60$$

$$= x16 = 60 + 0 = 0$$

$$X17 = 0 = \frac{x17-40}{40-30} = \frac{x17-40}{10}$$

$$= 0 = x17 - 40$$

$$= x17 = 40 + 0 = 40$$

$$X18 = 1 = \frac{40-x18}{40-30} = \frac{40-x18}{10}$$

$$= 10 = 40 - x18$$

$$= x18 = 40 - 10 = 30$$

$$X19 = 0 = \frac{40-x19}{40-30} = \frac{40-x19}{10}$$

$$= 0 = 40 - x19$$

$$= x19 = 40 - 0 = 40$$

$$X20 = 0 = \frac{40-x20}{40-30} = \frac{40-x20}{10}$$

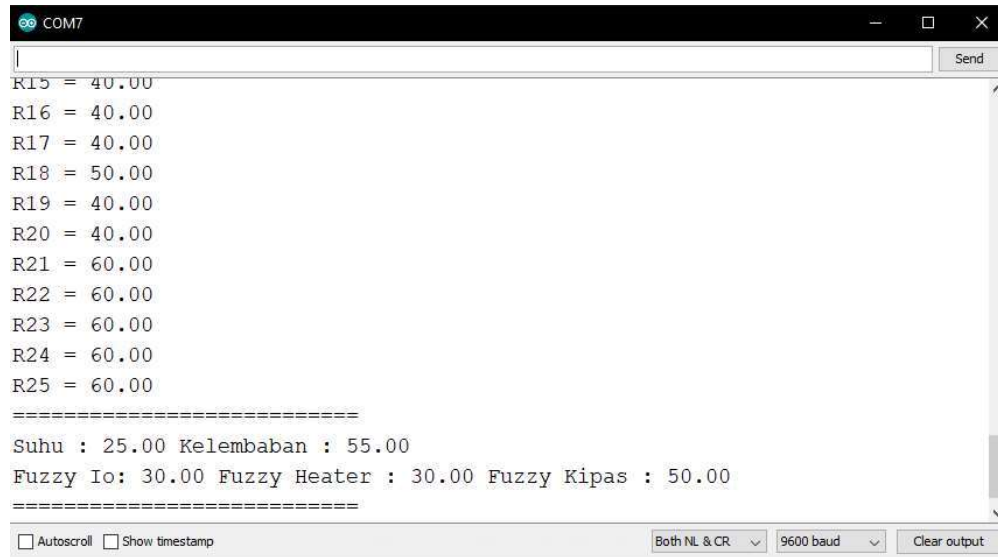
$$= 0 = 40 - x20$$

$$= x20 = 40 - 0 = 40$$

$$X21 = 0 = \frac{x21-60}{70-60} = \frac{x21-60}{10}$$

$$= 0 = x6 - 60$$

$$\begin{aligned}
&= x_8 = 40 - 0 = 40 & = x_{21} = 60 + 0 = 60 \\
X_9 = 0 &= \frac{40 - x_9}{40 - 30} = \frac{40 - x_9}{10} & X_{22} = 0 &= \frac{x_{22} - 40}{40 - 30} = \frac{x_{22} - 40}{10} \\
&= 0 = 40 - x_9 & &= 0 = x_{22} - 40 \\
&= x_9 = 40 - 0 = 40 & &= x_{22} = 40 + 0 = 40 \\
X_{10} = 0 &= \frac{40 - x_{10}}{40 - 30} = \frac{40 - x_{10}}{10} & X_{23} = 0 &= \frac{40 - x_{23}}{40 - 30} = \frac{40 - x_{23}}{10} \\
&= 0 = 40 - x_{10} & &= 0 = 40 - x_{23} \\
&= x_{10} = 40 - 0 = 40 & &= x_{23} = 40 - 0 = 40 \\
X_{11} = 0 &= \frac{x_{11} - 60}{70 - 60} = \frac{60 - x_{11}}{10} & X_{24} = 0 &= \frac{40 - x_{24}}{40 - 30} = \frac{40 - x_{24}}{10} \\
&= 0 = x_{11} - 60 & &= 0 = 40 - x_{24} \\
&= x_{11} = 60 + 0 = 60 & &= x_{24} = 40 - 0 = 40 \\
X_{12} = 0 &= \frac{x_{12} - 40}{40 - 30} = \frac{x_{12} - 40}{10} & X_{25} = 0 &= \frac{40 - x_{25}}{40 - 30} = \frac{40 - x_{25}}{10} \\
&= 0 = x_{12} - 40 & &= 0 = 40 - x_{25} \\
&= x_{12} = 40 + 0 = 40 & &= x_{25} = 40 - 0 = 40 \\
X_{13} = 0 &= \frac{40 - x_{13}}{40 - 30} = \frac{40 - x_{13}}{10} \\
&= 0 = 40 - x_{13} \\
&= x_{13} = 40 - 0 = 40 \\
x_{\text{total}} &= (R_1 * X_1) + (R_2 * X_2) + (R_3 * X_3) + (R_4 * X_4) + (R_5 * X_5) + (R_6 * X_6) \\
&+ (R_7 * X_7) + (R_8 * X_8) + (R_9 * X_9) + (R_{10} * X_{10}) + (R_{11} * X_{11}) + (R_{12} * X_{12}) \\
&+ (R_{13} * X_{13}) + (R_{14} * X_{14}) + (R_{15} * X_{15}) + (R_{16} * X_{16}) + (R_{17} * X_{17}) \\
&+ (R_{18} * X_{18}) + (R_{19} * X_{19}) + (R_{20} * X_{20}) + (R_{21} * X_{21}) + (R_{22} * X_{22}) + \\
&(R_{23} * X_{23}) + (R_{24} * X_{24}) + (R_{25} * X_{25}) \\
x_{\text{total}} &= (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + \\
&(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\
&40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (1 * 30) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + \\
&(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) \\
x_{\text{total}} &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 30 + 0 \\
&+ 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 35 \\
\text{Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average} \\
\frac{x_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} &= \frac{35}{1} = 35
\end{aligned}$$



Gambar 4.9 Tampilan Perhitungan pada Arduino

Tabel 4.9 Tabel *Error* Perhitungan *Fuzzy*

percobaan	Kondisi		Nilai Manual	Nilai Arduino	Error	Akurant
	suhu	kelembaban				
1	29°C	67%	35	35	0%	100%
2	25°C	55%	30	30	0%	100%
3	31°C	50%	30	30	0%	100%
4	29°C	67%	35	35	0%	100%
5	26°C	77%	50	50	0%	100%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan perbandingan dari perhitungan *fuzzy tsukamoto* secara manual dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy tsukamoto* yang ada pada sistem *arduino* yaitu untuk *ionizer* didapatkan nilai 30 sedangkan pada *arduino* didapatkan nilai 30 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto ionizer* yaitu 100%.

4.8 Pengujian Fuzzy Output Heater

Hasil perhitungan manual pada percobaan ke 2

Tabel 4.10 Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

Perhitungan 1 : bila suhu 25 dan kelembaban 55	
25°C = suhu panas, maka	
suhu <i>panas</i> = 1	
55% = kelembaban normal / suhu lembab, maka	
lembab <i>normal</i> = 1	
Rules =	
R1 = Min (s_dingin \cap s_kering)	R14 = Min (normal_sh \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R2 = Min (s_dingin \cap kering)	R15 = Min (normal_sh \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R3 = Min (s_dingin \cap normal_h)	R16 = Min (panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R4 = Min (s_dingin \cap lembab)	R17 = Min (panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R5 = Min (s_dingin \cap s_lembab)	R18 = Min (panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 1) = 1
R6 = Min (dingin \cap s_kering)	R19 = Min (panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R7 = Min (dingin \cap kering)	R20 = Min (panas \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R8 = Min (dingin \cap normal_h)	R21 = Min (s_panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R9 = Min (dingin \cap lembab)	R22 = Min (s_panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R10 = Min (dingin \cap s_lembab)	R23 = Min (s_panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 1) = 0
R11 = Min (normal_sh \cap s_kering)	R24 = Min (s_panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R12 = Min (normal_sh \cap kering)	R25 = Min (s_panas \cap s_lembab)

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$R13 = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap \text{normal_h})$$

$$= \text{Min} (0 \cap 1) = 0$$

$$R_{\text{total}} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$$

Output Heater :

$$Y1 = 0 = \frac{Y1 - 60}{70 - 60} = \frac{Y1 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y1 - 60$$

$$= Y1 = 60 + 0 = 60$$

$$Y2 = 0 = \frac{Y2 - 60}{70 - 60} = \frac{Y2 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y2 - 60$$

$$= Y2 = 60 + 0 = 60$$

$$Y3 = 0 = \frac{Y3 - 60}{70 - 60} = \frac{Y3 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y3 - 60$$

$$= Y3 = 60 + 0 = 60$$

$$Y4 = 0 = \frac{Y4 - 60}{70 - 60} = \frac{Y4 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y4 - 60$$

$$= Y4 = 60 + 0 = 60$$

$$Y5 = 0 = \frac{Y5 - 60}{70 - 60} = \frac{Y5 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y5 - 60$$

$$= Y5 = 60 + 0 = 60$$

$$Y6 = 0 = \frac{Y6 - 40}{40 - 30} = \frac{Y6 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y6 - 40$$

$$= Y6 = 40 + 0 = 40$$

$$Y7 = 0 = \frac{Y7 - 40}{40 - 30} = \frac{Y7 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y7 - 40$$

$$= Y7 = 40 + 0 = 40$$

$$Y8 = 0 = \frac{Y8 - 40}{40 - 30} = \frac{Y8 - 40}{10}$$

$$= 0 = Y8 - 40$$

$$Y14 = 0 = \frac{40 - Y14}{40 - 30} = \frac{40 - Y14}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y14$$

$$= Y14 = 40 - 0 = 40$$

$$Y15 = 0 = \frac{40 - Y15}{40 - 30} = \frac{Y15 - 40}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y15$$

$$= Y15 = 40 - 0 = 40$$

$$Y16 = 0 = \frac{40 - Y16}{40 - 30} = \frac{40 - Y16}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y16$$

$$= Y16 = 40 - 0 = 40$$

$$Y17 = 0 = \frac{40 - Y17}{40 - 30} = \frac{40 - Y17}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y17$$

$$= Y17 = 40 - 0 = 40$$

$$Y18 = 1 = \frac{40 - Y18}{40 - 30} = \frac{40 - Y18}{10}$$

$$= 5 = 40 - Y18$$

$$= Y18 = 40 - 10 = 30$$

$$Y19 = 0 = \frac{Y19 - 60}{70 - 60} = \frac{Y19 - 60}{10}$$

$$= 0 = Y19 - 60$$

$$= Y19 = 60 + 0 = 60$$

$$Y20 = 0 = \frac{Y20 - 40}{40 - 30} = \frac{Y20 - 40}{10}$$

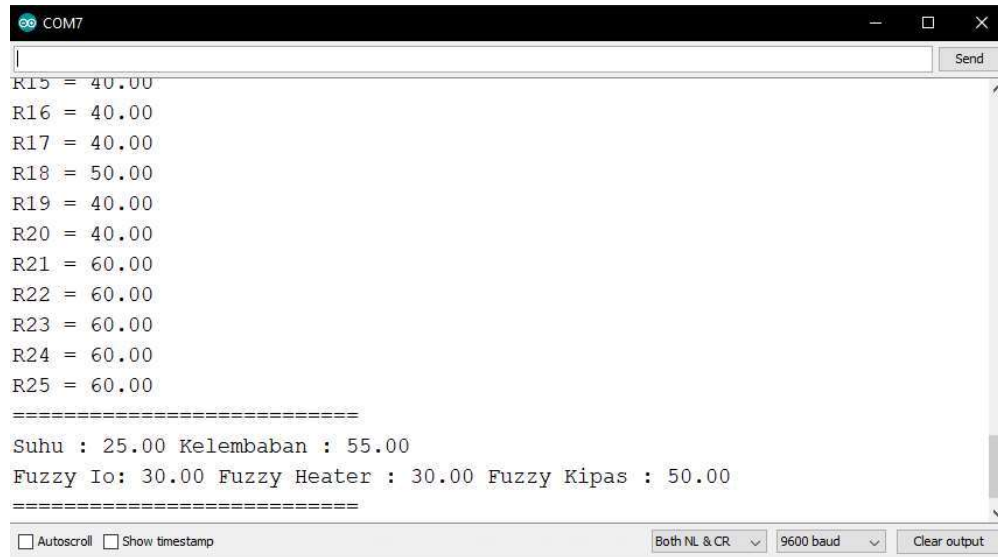
$$= 0 = Y20 - 40$$

$$= Y20 = 40 + 0 = 40$$

$$Y21 = 0 = \frac{40 - Y21}{40 - 30} = \frac{40 - Y21}{10}$$

$$= 0 = 40 - Y21$$

$$\begin{aligned}
&= Y8 = 40 + 0 = 40 &= Y21 = 40 - 0 = 40 \\
Y9 = 0 = \frac{Y9-40}{40-30} = \frac{Y9-40}{10} &Y22 = 0 = \frac{40-Y22}{40-30} = \frac{40-Y22}{10} \\
&= 0 = Y9 - 40 &= 0 = 40 - Y22 \\
&= Y9 = 40 + 0 = 40 &= Y22 = 40 - 0 = 40 \\
Y10 = 0 = \frac{Y10-40}{40-30} = \frac{Y10-40}{10} &Y23 = 0 = \frac{40-Y23}{40-30} = \frac{40-Y23}{10} \\
&= 0 = Y10 - 40 &= 0 = 40 - Y23 \\
&= Y10 = 40 + 0 = 40 &= Y23 = 40 - 0 = 40 \\
Y11 = 0 = \frac{40-Y11}{40-30} = \frac{40-Y11}{10} &Y24 = 0 = \frac{40-Y24}{40-30} = \frac{40-Y24}{10} \\
&= 0 = 40 - Y11 &= 0 = 40 - Y24 \\
&= Y11 = 40 - 0 = 40 &= Y24 = 40 - 0 = 40 \\
Y12 = 0 = \frac{Y12-40}{40-30} = \frac{Y12-40}{10} &Y25 = 0 = \frac{40-Y25}{40-30} = \frac{40-Y25}{10} \\
&= 0 = 40 - Y12 &= 0 = 40 - Y25 \\
&= Y12 = 40 - 0 = 40 &= Y25 = 40 - 0 = 40 \\
Y13 = 0 = \frac{40-Y13}{40-30} = \frac{40-Y13}{10} \\
&= 0 = 40 - Y13 \\
&= Y13 = 40 - 0 = 40 \\
Y_{total} = (R1 * Y1) + (R2 * Y2) + (R3 * Y3) + (R4 * Y4) + (R5 * Y5) + (R6 * Y6) \\
+ (R7 * Y7) + (R8 * Y8) + (R9 * Y9) + (R10 * Y10) + (R11 * Y11) + (R12 * Y12) \\
+ (R13 * Y13) + (R14 * Y14) + (R15 * Y15) + (R16 * Y16) + (R17 * Y17) \\
+ (R18 * Y18) + (R19 * Y19) + (R20 * Y20) + (R21 * Y21) + (R22 * Y22) + \\
(R23 * Y23) + (R24 * Y24) + (R25 * Y25) \\
Y_{total} = (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\
40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (1 * 30) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) \\
Y_{total} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 30 + 0 \\
+ 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 30 \\
\text{Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average} \\
\frac{Y_{total}}{R_{total}} = \frac{30}{1} = 30
\end{aligned}$$



Gambar 4.10 Tampilan Perhitungan pada Arduino

Tabel 4.11 Tabel *Error* Perhitungan *Fuzzy*

percobaan	Kondisi		Nilai Manual	Nilai Arduino	Error	Akurant
	suhu	kelembaban				
1	29°C	67%	35	35	0%	100%
2	25°C	55%	30	30	0%	100%
3	31°C	50%	30	30	0%	100%
4	29°C	67%	35	35	0%	100%
5	26°C	77%	30	30	0%	100%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan perbandingan dari perhitungan *fuzzy tsukamoto* secara manual dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy tsukamoto* yang ada pada sistem *arduino* yaitu untuk *heater* didapatkan nilai 30 sedangkan pada *arduino* didapatkan nilai 30 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto heater* yaitu 100%.

4.9 Pengujian Fuzzy Output Kipas

Hasil perhitungan manual pada percobaan ke 2

Tabel 4.12 Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

Perhitungan 1 : bila suhu 25 dan kelembaban 55	
25°C = suhu panas, maka	
suhu <i>panas</i> = 1	
55% = kelembaban normal / suhu lembab, maka	
lembab <i>normal</i> = 1	
Rules =	
R1 = Min (s_dingin \cap s_kering)	R14 = Min (normal_sh \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R2 = Min (s_dingin \cap kering)	R15 = Min (normal_sh \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R3 = Min (s_dingin \cap normal_h)	R16 = Min (panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R4 = Min (s_dingin \cap lembab)	R17 = Min (panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R5 = Min (s_dingin \cap s_lembab)	R18 = Min (panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 1) = 1
R6 = Min (dingin \cap s_kering)	R19 = Min (panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R7 = Min (dingin \cap kering)	R20 = Min (panas \cap s_lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (1 \cap 0) = 0
R8 = Min (dingin \cap normal_h)	R21 = Min (s_panas \cap s_kering)
= Min (0 \cap 1) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R9 = Min (dingin \cap lembab)	R22 = Min (s_panas \cap kering)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R10 = Min (dingin \cap s_lembab)	R23 = Min (s_panas \cap normal_h)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 1) = 0
R11 = Min (normal_sh \cap s_kering)	R24 = Min (s_panas \cap lembab)
= Min (0 \cap 0) = 0	= Min (0 \cap 0) = 0
R12 = Min (normal_sh \cap kering)	R25 = Min (s_panas \cap s_lembab)

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$= \text{Min} (0 \cap 0) = 0$$

$$R_{13} = \text{Min} (\text{normal_sh} \cap \text{normal_h})$$

$$= \text{Min} (0 \cap 1) = 0$$

$$R_{\text{total}} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$$

Output Kipas :

$$Z1 = 0 = \frac{40-Z1}{40-30} = \frac{40-Z1}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z1$$

$$= Z1 = 40 - 0 = 40$$

$$Z2 = 0 = \frac{40-Z2}{40-30} = \frac{40-Z2}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z2$$

$$= Z2 = 40 - 0 = 40$$

$$Z3 = 0 = \frac{40-Z3}{40-30} = \frac{40-Z3}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z3$$

$$= Z3 = 40 - 0 = 40$$

$$Z4 = 0 = \frac{40-Z4}{40-30} = \frac{40-Z4}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z4$$

$$= Z4 = 40 - 0 = 40$$

$$Z5 = 0 = \frac{40-Z5}{40-30} = \frac{40-Z5}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z5$$

$$= Z5 = 40 - 0 = 40$$

$$Z6 = 0 = \frac{40-Z6}{40-30} = \frac{40-Z6}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z6$$

$$= Z6 = 40 - 0 = 40$$

$$Z7 = 0 = \frac{40-Z7}{40-30} = \frac{40-Z7}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z7$$

$$= Z7 = 40 - 0 = 40$$

$$Z8 = 0 = \frac{40-Z8}{40-30} = \frac{40-Z8}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z8$$

$$Z14 = 0 = \frac{40-Z14}{40-30} = \frac{40-Z14}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z14$$

$$= Z14 = 40 - 0 = 40$$

$$Z15 = 0 = \frac{40-Z15}{40-30} = \frac{Z15-40}{10}$$

$$= 0 = 40 - Z15$$

$$= Z15 = 40 - 0 = 40$$

$$Z16 = 0 = \frac{Z16-40}{40-30} = \frac{Z16-40}{10}$$

$$= 0 = Z16 - 40$$

$$= Z16 = 40 + 0 = 0$$

$$Z17 = 0 = \frac{Z17-40}{40-30} = \frac{Z17-40}{10}$$

$$= 0 = Z17 - 40$$

$$= Z17 = 40 + 0 = 40$$

$$Z18 = 1 = \frac{Z18-40}{40-30} = \frac{Z18-40}{10}$$

$$= 10 = Z18 - 40$$

$$= Z18 = 40 + 10 = 50$$

$$Z19 = 0 = \frac{Z19-40}{40-30} = \frac{Z19-40}{10}$$

$$= 0 = Z19 - 40$$

$$= Z19 = 40 + 0 = 40$$

$$Z20 = 0 = \frac{Z20-40}{40-30} = \frac{Z20-40}{10}$$

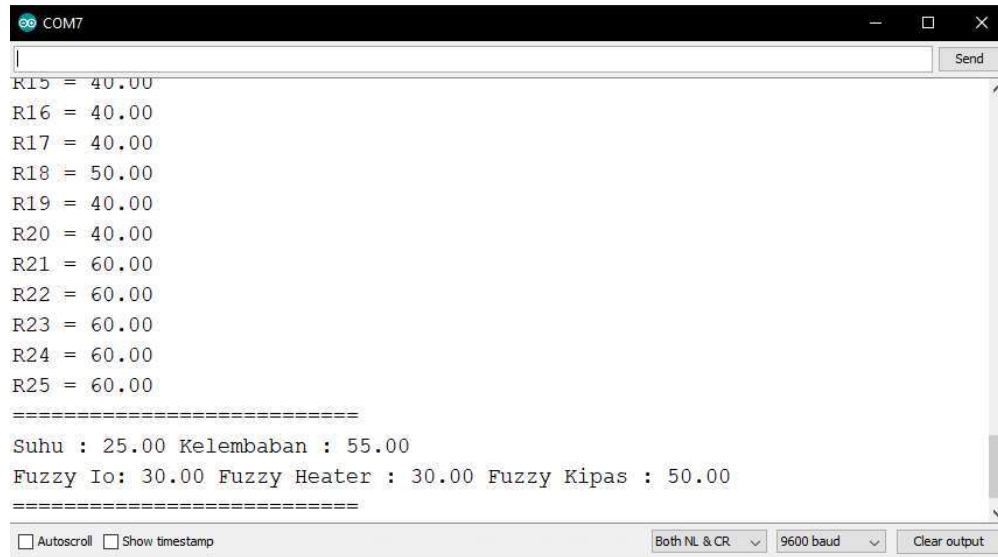
$$= 0 = Z20 - 40$$

$$= Z20 = 40 + 0 = 40$$

$$Z21 = 0 = \frac{Z21-60}{70-60} = \frac{Z21-60}{10}$$

$$= 0 = Z21 - 60$$

$$\begin{aligned}
&= Z8 = 40 - 0 = 40 &= Z21 = 60 + 0 = 60 \\
Z9 = 0 = \frac{40-Z9}{40-30} = \frac{40-Z9}{10} &Z22 = 0 = \frac{Z22-60}{70-60} = \frac{Z22-60}{10} \\
= 0 = 40 - Z9 &= 0 = Z22 - 60 \\
= Z9 = 40 - 0 = 40 &= Z22 = 60 + 0 = 60 \\
Z10 = 0 = \frac{40-Z10}{40-30} = \frac{40-Z10}{10} &Z23 = 0 = \frac{Z23-60}{70-60} = \frac{Z23-60}{10} \\
= 0 = 40 - Z10 &= Z23 - 60 \\
= Z10 = 40 - 0 = 40 &= Z23 = 60 + 0 = 60 \\
Z11 = 0 = \frac{40-Z11}{40-30} = \frac{40-Z11}{10} &Z24 = 0 = \frac{Z24-60}{70-60} = \frac{Z24-60}{10} \\
= 0 = 40 - Z11 &= 0 = Z24 - 60 \\
= Z11 = 40 - 0 = 40 &= Z24 = 60 + 0 = 60 \\
Z12 = 0 = \frac{Z12-40}{40-30} = \frac{Z12-40}{10} &Z25 = 0 = \frac{Z25-60}{70-60} = \frac{Z25-60}{10} \\
= 0 = 40 - Z12 &= 0 = Z25 - 60 \\
= Z12 = 40 - 0 = 40 &= Z25 = 60 + 0 = 60 \\
Z13 = 0 = \frac{40-Z13}{40-30} = \frac{40-Z13}{10} \\
= 0 = 40 - Z13 \\
= Z13 = 40 - 0 = 40 \\
Z_{total} = (R1 * Z1) + (R2 * Z2) + (R3 * Z3) + (R4 * Z4) + (R5 * Z5) + (R6 * Z6) \\
+ (R7 * Z7) + (R8 * Z8) + (R9 * Z9) + (R10 * Z10) + (R11 * Z11) + (R12 * Z12) \\
+ (R13 * Z13) + (R14 * Z14) + (R15 * Z15) + (R16 * Z16) + (R17 * Z17) + (R18 \\
* Z18) + (R19 * Z19) + (R20 * Z20) + (R21 * Z21) + (R22 * Z22) + (R23 * Z23) \\
+ (R24 * Z24) + (R25 * Z25) \\
Z_{total} = (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 40) + (0 * 40) + \\
(0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * \\
40) + (0 * 40) + (0 * 40) + (1 * 50) + (0 * 40) + (0 * 40) + (0 * 60) + (0 * 60) + \\
(0 * 60) + (0 * 60) + (0 * 60) \\
Z_{total} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 50 + 0 \\
+ 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 50 \\
\text{Defuzzifikasi Tsukamoto : Metode Average} \\
\frac{Z_{total}}{R_{total}} = \frac{50}{1} = 50
\end{aligned}$$



Gambar 4.11 Tampilan Perhitungan pada Arduino

Tabel 4.13 Tabel *Error* Perhitungan *Fuzzy*

percobaan	Kondisi		Nilai Manual	Nilai Arduino	Error	Akurant
	suhu	kelembaban				
1	29°C	67%	55	55	0%	100%
2	25°C	55%	50	50	0%	100%
3	31°C	50%	70	70	0%	100%
4	29°C	67%	55	55	0%	100%
5	26°C	77%	50	50	0%	100%

Adapun data yang didapatkan setelah melakukan perbandingan dari perhitungan *fuzzy tsukamoto* secara manual dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy tsukamoto* yang ada pada sistem *arduino* yaitu untuk kipas didapatkan nilai 50 sedangkan pada *arduino* didapatkan nilai 50 sehingga didapatkan tingkat akurat untuk *fuzzy tsukamoto* kipas yaitu 100%.

4.10 Pengujian Software Sistem

Pengujian software pada penelitian ini dengan dilakukannya menguji komabilitas website terhadap web browser yang bertujuan untuk mengetahui apakah halaman website yang dibuat dapat menampilkan keseluruhan data sesuai dengan perancangan bukan hanya pada satu web browser yang sering digunakan pada umumnya. Hasil uji coba komabilitas website terhadap web browser seperti ditunjukkan pada Tabel 4.14:

Tabel 4.14 Software Sistem

No	Aspek	Web Browser		
		Chrome Version 91.0.447 2.106 (Official Build) (64-bit)	Miscrosoft Edge Version 91.0.864.54 (Official build) (64-bit)	Mozilla Firefox Version 89
1	Menampilkan Kondisi Suhu	√	√	√
2	Menampilkan Kondisi Kelembaban	√	√	√
3	Menampilkan status Pakan	√	√	√
4	Menampilkan status air minum	√	√	√
5	Menampilkan status sensor yang error	√	√	√

Pada tabel 4.14 *Software Sistem* telah dilakukan percobaan pada beberapa *browser* yang guna untuk mengetahui apakah *website* dapat berjalan dengan baik untuk beberapa *platform browser*. Didapatkan hasil seperti diatas dengan Keterangan :

- √ : Berhasil
- X : Gagal

4.11 Pengujian Software Sistem

Tabel 4.15 Tabel pengujian blackbox

No	Tujuan	Input	Hasil yang diharapkan	Hasil Sistem	Hasil Pengujian
1	Menampilkan Kondisi Suhu	Nilai dari sensor dht11	Sistem akan menampilkan nilai suhu dari sensor dht11 pada table dengan nilai inputan sesuai dengan yang terdeteksi oleh sensor dht11	Tampilan table dengan nilai suhu kandang hamster	Sesuai
2	Menampilkan Kondisi Kelembaban	Nilai dari sensor dht11	Sistem akan menampilkan nilai kelembaban dari sensor dht11 pada table dengan nilai inputan sesuai dengan yang terdeteksi oleh sensor dht11	Tampilan table dengan nilai kelembaban kandang hamster	Sesuai
3	Menampilkan status ketersediaan Pakan	Nilai dari sensor ultrasonik	Sistem akan mengambil nilai dari sensor ultrasonik yang kemudian diproses agar menampilkan status	Tampilan table dengan nilai status pakan	Sesuai

			ketersediaan pakan pada table status pakan		
4	Menampilk an status ketersediaa n air minum	Nilai dari sensor water level	Sistem akan mengambil nilai dari sensor water level yang kemudian diproses agar menampilkan status ketersediaan air pada table status minum	Tampilan table dengan nilai status air minum	Sesuai
5	Menampilk an status error jika terdapat sensor yang bermasalah	Nilai dari sensor – sensor yang digunakan	Sistem akan menampilkan notifikasi bila terdapat sensor yang error		Sesuai

Adapun hasil percobaan *blackbox* untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan dengan baik dan ditemukan hasil seperti data pada tabel 4.9 Tabel pengujian *blackbox* yang dimana rata – rata bahwa sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan

4.12 Hasil Pengujian Interface

Pengujian interface ini bertujuan untuk mengetahui apakah website yang telah dibuat dapat menampilkan data – data yang telah diambil oleh Arduino uno dan kemudian dapat ditampilkan kembali pada halaman website dan baik

Tabel 4.16 Pengujian Interface

No	Kasus Uji	Hasil
Form Home		
1	Tabel Suhu	Dapat menampilkan nilai suhu terkini
2	Tabel Kelembaban	Dapat menampilkan nilai kelembaban terkini
3	Tabel status Pakan	Dapat menampilkan status ketersediaan pakan
4	Tabel status air minum	Dapat menampilkan status ketersediaan air minum
5	status sensor yang error	Dapat menampilkan status error bila ada sensor yang tidak berfungsi

Hasil dari pengujian *interface* bahwa tabel suhu telah dapat menampilkan nilai suhu, tabel kelembaban telah dapat menampilkan nilai kelembaban, tabel status pakan telah dapat menampilkan nilai status pakan, tabel status air minum dapat menampilkan nilai air minum, tabel kandang dapat menampilkan status kandang dan tabel error dapat menampilkan sensor yang *error* bila terdapat sensor yang tidak berjalan dengan baik.

4.13 Hasil Pengujian User

Pengujian *users* ini bertujuan untuk mengetahui apakah website yang telah dibuat dapat menampilkan data – data yang telah diambil oleh Arduino uno dan kemudian dapat ditampilkan kembali nilai – nilai yang didapat pada halaman website dan baik

Tabel 4.17 Pengujian Pengguna

No	Pertanyaan	Penilaian			
		Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
1	Website Smart Farming Hamster dapat diakses dengan mudah	4	6		
2	Mudah untuk memahami fitur yang ada pada web Smart Farming Hamster	3	7		
3	Web smart farming hamster dapat menampilkan kondisi suhu	4	6		
4	Web smart farming hamster dapat menampilkan kondisi kelembaban	4	6		
5	Web smart farming hamster dapat menampilkan status pakan	5	5		
6	Web smart farming hamster dapat menampilkan status air minum	3	7		
7	Web smart farming hamster dapat menampilkan status error pada sensor	3	7		
8	Web smart farming hamster memiliki tampilan yang menarik		3	7	
Total		26	47	7	

Pada tabel 4.17 Pengujian pengguna adalah hasil dari nilai yang didapat setelah melakukan survey ke beberapa orang secara acak dengan :

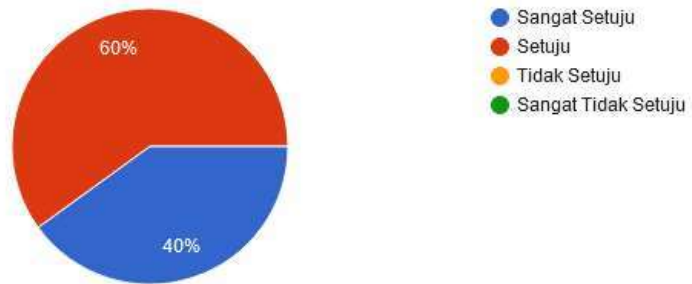
Jumlah pertanyaan : 8

Jumlah user : 10

Faktor Pembagi : $8 \times 10 = 80$

Website Smart Farming Hamster dapat diakses dengan mudah

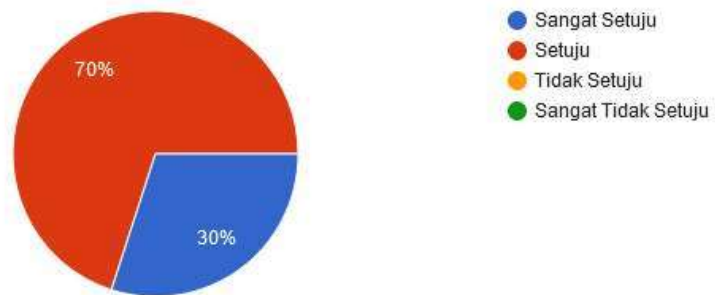
10 jawaban



Gambar 4.12 Uji Pengguna Pertanyaan 1

Mudah untuk memahami fitur yang ada pada web Smart Farming Hamster

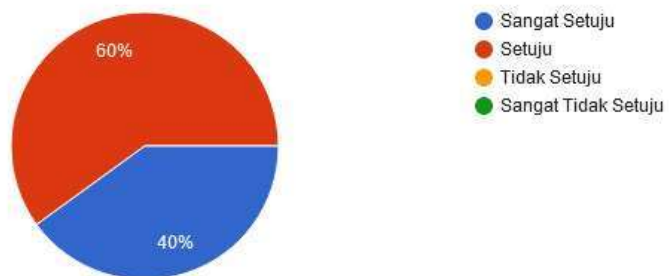
10 jawaban



Gambar 4.13 Uji Pengguna Pertanyaan 2

Web smart farming hamster dapat menampilkan kondisi suhu

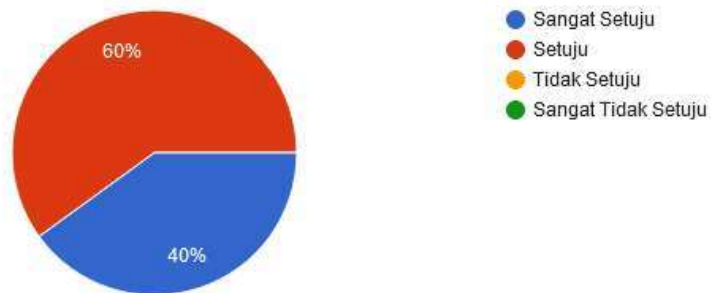
10 jawaban



Gambar 4.14 Uji Pengguna Pertanyaan 3

Web smart farming hamster dapat menampilkan kondisi kelembaban

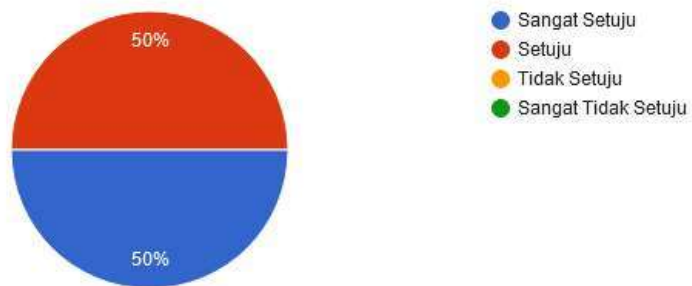
10 jawaban



Gambar 4.15 Uji Pengguna Pertanyaan 4

Web smart farming hamster dapat menampilkan status pakan

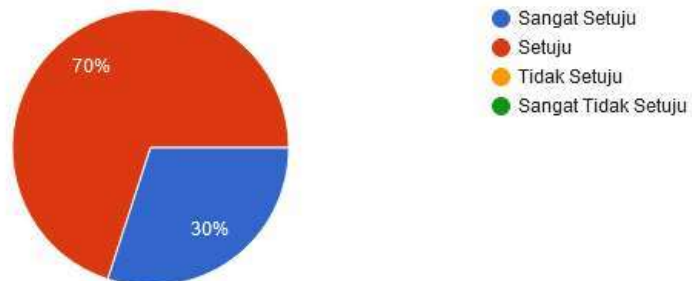
10 jawaban



Gambar 4.16 Uji Pengguna Pertanyaan 5

Web smart farming hamster dapat menampilkan status air minum

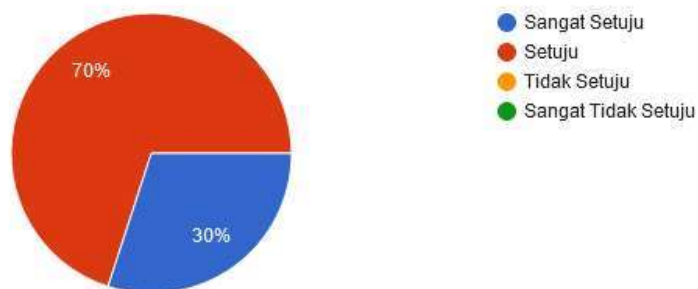
10 jawaban



Gambar 4.17 Uji Pengguna Pertanyaan 6

Web smart farming hamster dapat menampilkan status error pada sensor

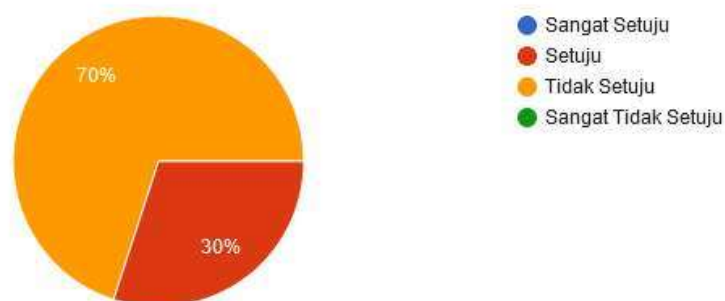
10 jawaban



Gambar 4.18 Uji Pengguna Pertanyaan 7

Web smart farming hamster memiliki tampilan yang menarik

10 jawaban



Gambar 4.19 Uji Pengguna Pertanyaan 8

Tabel 4.18 Persentase Responden Pada Pengujian User

1	Persentase pengguna memilih Sangat Setuju	$(26 / 80 \times 100\%) = 32.5\%$
2	Persentase pengguna memilih Setuju	$(47 / 80 \times 100\%) = 58.75\%$
3	Persentase pengguna memilih Tidak Setuju	$(7 / 80 \times 100\%) = 8.75\%$
4	Persentase pengguna memilih Sangat Tidak Setuju	$(0 / 80 \times 100\%) = 0\%$

Dari pengujian yang ditujukna kepada 10 user makan didapatkan hasil yang menunjukan bahwa 32.5% menyatakan Sangat Setuju, 58.75% menyatakan Setuju, 8.75% menyatakan Tidak Setuju dan 0% menyatakan Sangat Tidak Setuju